



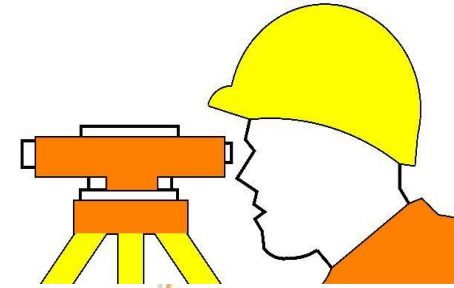
# topografía



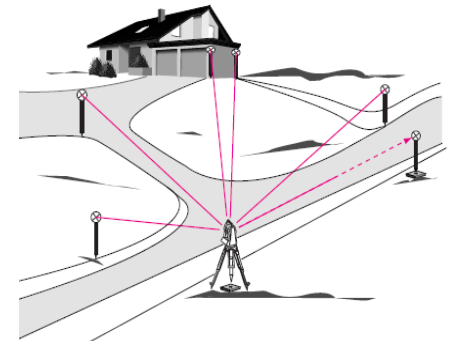
**Ing. Iván O. Ureña C.**

# GENERALIDADES

Se encarga de medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes. También podemos mencionar que la topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medición de ángulos y distancias previamente determinados (Replanteo).



El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento.



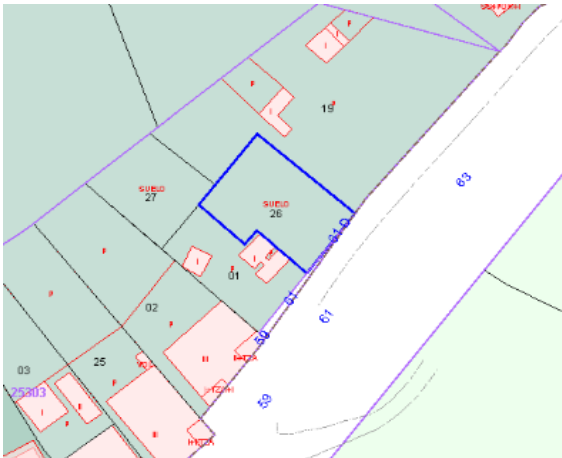
**LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS**, Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura terrestre, sin error apreciable.

**LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS**, son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la tierra.

## ***Etapas del levantamiento topográfico:***



a) Etapa de Campo: consiste en la toma de datos, tales como ángulos, distancias, etc.



catastro corregido

b) Etapa de Gabinete: corresponde al cálculo y dibujo de lo levantado en el campo.

## ***Clasificación del levantamiento topográfico***

**a) Levantamiento de terrenos en general:** Tiene por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficie, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones.

**b) Topografía de vías de comunicación:** es la que sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, líneas de transmisión, acueductos, etc.

**c) Topografía de minas:** Tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionados con obras superficiales.

**d) Levantamientos hidrográficos:** Estos levantamientos se refieren a los trabajos necesarios para la obtención de los planos de masas de aguas, líneas de litorales o costeras, relieve del fondo de lagos y ríos, ya sea para fines de navegación, para embalses, toma y conducción de aguas, cuantificación de recursos hídricos, etc.

**e) Levantamientos catastrales:** son los que se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas.

# PRINCIPIO DE TEORIA DE ERRORES

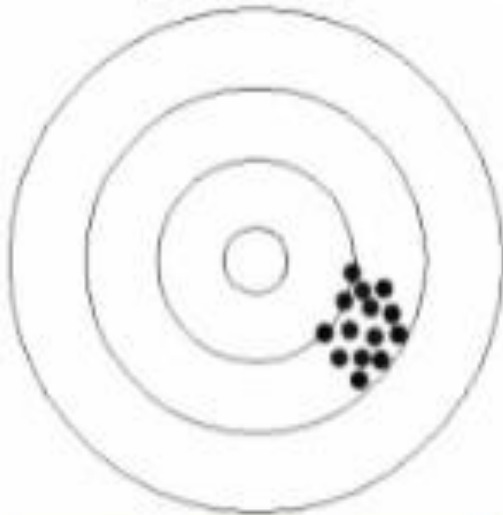
Hay imperfecciones en los aparatos y en el manejo de los mismos, por tanto ninguna medida es exacta en topografía y es por eso que la naturaleza y magnitud de los errores deben ser comprendidas para obtener buenos resultados. Las equivocaciones son producidas por falta de cuidado, distracción o falta de conocimiento. Algunas definiciones que debemos de comprender son:

**Precisión:** Grado de *perfección* con que se realiza una operación o se establece un resultado. Es importante resaltar que la automatización de diferentes pruebas o técnicas puede producir un aumento de la precisión.

**Exactitud:** Grado de *conformidad* con un patrón modelo.

# Teoría de Errores

**Blanco 1:**



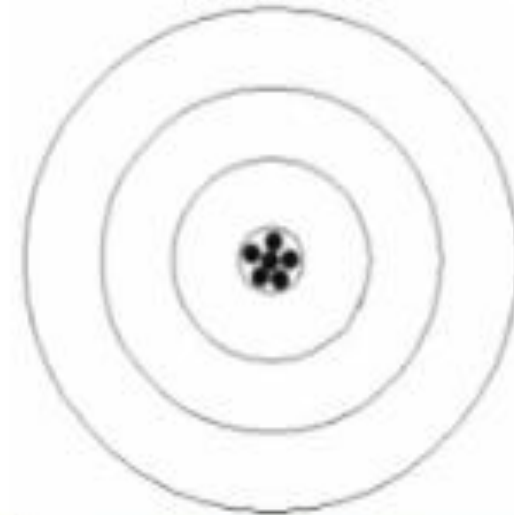
**Buena precisión**  
**Baja exactitud**  
(el promedio está afuera del centro del blanco)

**Blanco 2:**



**Baja precisión**  
**Buena exactitud**  
(el promedio está en la parte central del blanco)

**Blanco 3:**



**Buena precisión**  
**Buena exactitud**  
(el promedio está en el centro del blanco)



## ***Teoría de Errores***

**Error:** es una magnitud desconocida debido a un sin número de causas.

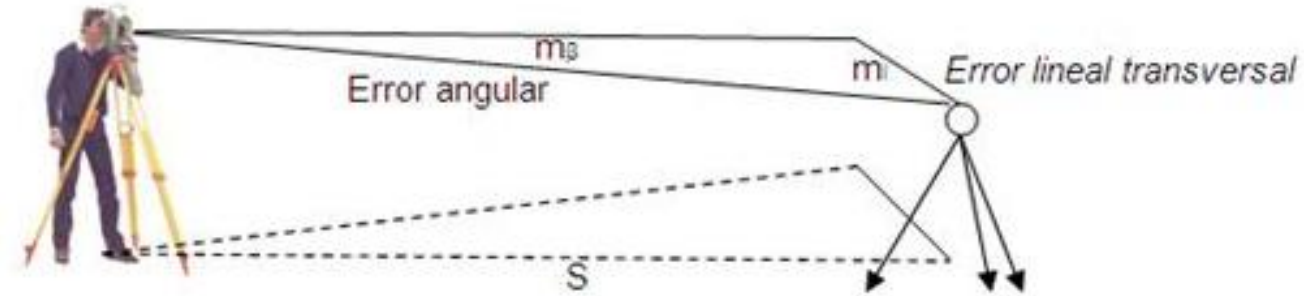
**Equivocaciones:** Es una falta involuntaria de la conducta generado por el mal criterio o por confusión en la mente del observador.

Las equivocaciones se evitan con la comprobación, los errores accidentales solo se pueden reducir por medio de un mayor cuidado en las medidas y aumentando el número de medidas.

Los errores sistemáticos se pueden corregir aplicando correcciones a las medidas cuando se conoce el error, o aplicando métodos sistemáticos en el trabajo de campo para comprobarlos y contrarrestarlos.

**Comprobaciones:** Siempre se debe comprobar las medidas y los cálculos ejecutados, estos descubren errores y equivocaciones y determinan el grado de precisión obtenida.

## Clasificación de los errores



Según las causas que lo producen estos se clasifican en:

**Naturales:** debido a la variaciones de los fenómenos de la naturaleza como sol, viento, húmeda, temperatura, etc.

**Personales:** debido a la falta de habilidad del observador, estos son errores involuntarios que se cometen por la falta de cuidado.

**Instrumentales:** debido a imperfecciones o desajustes de los instrumentos topográficos con que se realizan las medidas. Por estos errores es muy importante el hecho de revisar los instrumentos a utilizar antes de cualquier inicio de trabajo.



## ***Según las formas que lo producen:***

Toda observación puede venir afectada por dos tipos de errores, uno de ellos de forma segura, los accidentales; los otros pueden existir o no dependiendo del estado del instrumento, los sistemáticos.

**a) Sistemáticos o acumulativos:** dependiendo del estado del instrumento, ej. en medidas de ángulos, en aparatos mal graduados o arrastre de graduaciones, cintas o estadales mal graduadas, error por temperatura. En este tipo de errores es posible hacer correcciones.

**b) Accidentales/Compensado o aleatorio:** Es aquel debido a un sin número de causas que no alcanzan a controlar el observador por lo que no es posible hacer correcciones para cada observación.

## ***Errores sistemáticos***

### ***en la medición con cinta***

- 1) Longitud incorrecta de la cinta (cinta más larga o más corta):
- 2) Alineamiento imperfecto de la cinta:
- 3) Variación de temperatura:
- 4) Variaciones de la tensión:
- 5) La curva que forma la cinta (catenaria):
- 6) Imperfecciones en la observación:

**1) Longitud incorrecta de la cinta (cinta más larga o más corta):** Se determina por la longitud de la cinta, comparándola con una cinta patrón. Si la longitud de la cinta es mayor que la correcta (patrón) el error es negativo y por tanto la corrección será positiva y viceversa.

$$T = L \pm (CL * L)$$

T = longitud correcta de la línea medida (metros);

L = longitud medida (metros);

CL = factor de corrección (adimensional).

$$CL = \frac{l - l'}{l'}$$

CL=factor de corrección que debe aplicarse a la longitud medida para obtener la longitud correcta el cual puede ser positivo o negativo (adimensional).

l = longitud real de la cinta (metros),  $l = l' \pm e$

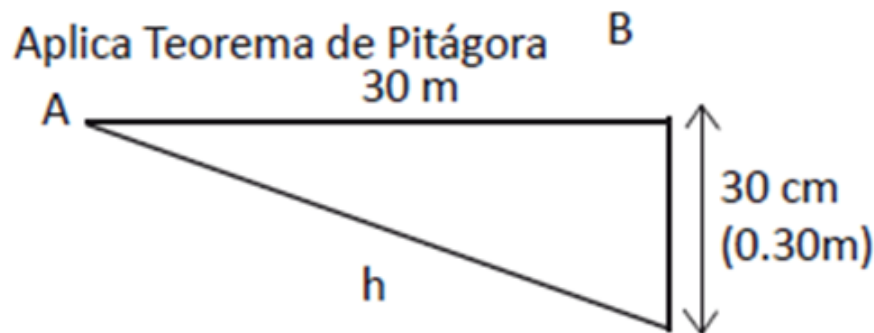
$l'$  = longitud nominal de la cinta (metros).

e = error de la cinta (metros)

Ejemplo: La longitud de una línea A-B medida en el campo, resultó ser de 250.55m, para lo cual se utilizó una cinta de acero de 30m, y se encontró que al compararla con una cinta patrón, esta era 0.06m más larga. ¿Cuál es la longitud correcta de la línea medida?  $T = 251.05$

**2) Alineamiento imperfecto de la cinta:** El error cometido en el alineamiento imperfecto de la cinta es un error sistemático, positivo y variable. Es positivo porque al efectuar una medición fuera de la alineación esta distancia siempre resulta mayor que la efectuada sobre la verdadera alineación. Es variable, porque varía conforme la distancia que se aleje el cadenero delantero, de la verdadera alineación.

Ejemplo: En una medición de con cinta de 30m, se produce un error de alineamiento de 30 cm



$$h = \sqrt{30^2 + 0.3^2} = 0.0015 \text{ m}$$
$$30.0015 \text{ m} - 30 \text{ m}$$
$$0.0015 \text{ m} = 1.5 \text{ mm}$$

Este error es de poca importancia pues una desviación de 30cm para una cinta de 30m, apenas produce un error de 1.5mm.

**3) Variación de temperatura:** Las cintas de metal se dilatan al aumentar la temperatura y contraen cuando la temperatura disminuye. Este error es significativo en medidas de precisión en tiempos extremadamente fríos o calientes. Los errores producidos por error de la temperatura se reducen mucho utilizando cintas de metal invar.

La corrección por temperatura se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$D_c = L \pm C_f \quad ; \quad C_f = K (T - T_o) L$$

$D_c$  = Distancia corregida

$C_f$  = Corrección por temperatura

$T$  = Temperatura de la cinta cuando se hace la medición

$T_o$  = Temperatura de patronamiento de la cinta (Considerando que las cintas de acero vienen normalizadas por los fabricantes para medir la longitud nominal a la temperatura de calibración, generalmente de 20°C.)

$L$  = Longitud medida

$K$  = Coeficiente de dilatación o contracción (el acero tiene un coeficiente de dilatación térmica de 0,000017 m/°C)

**4) Variaciones de la tensión:** Cuando una cinta de acero es sometida a una tensión distinta a la tensión de calibración ésta se alarga o acorta según la tensión sea mayor o menor a la tensión de calibración.

El cambio de longitud de una cinta sometida a tensiones distintas a la tensión de calibración se puede calcular mediante la aplicación de la ley de Hooke, expresada por la siguiente ecuación:

$$Ct = \frac{(T - T_c)}{A E} L$$

En donde:

T = tensión aplicada a la cinta al momento de la medición, en kg.

T<sub>c</sub> = tensión de calibración en kg.

L = longitud de la medida en m.

A = área de la sección transversal en cm<sup>2</sup>.

E = módulo de elasticidad de Young. Para el acero E = 2,1 x 10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>.



**5) La curva que forma la cinta (catenaria):** Una cinta sostenida solamente en sus extremos describe, debido a su propio peso, una curva o catenaria que introduce un error positivo en la medición de la distancia.



a.- Cinta apoyada en toda su longitud



b.- Cinta apoyada en sus extremos

$$C_c = \frac{-w^2 L^3}{24T^2}$$

En donde:

$C_c$  = corrección por catenaria

$w$  = peso de la cinta por unidad de longitud en kg/m

$L$  = longitud de la medida en m

$T$  = tensión aplicada a la cinta en el momento de la medida en Kg.

**6) Imperfecciones en la observación:** Los errores de plomada, lectura de la cinta y colocación de las agujas o fichas, son errores accidentales.

De estos errores únicamente tiene importancia de debido a efectos de posición de la plomada, el error probable por kilómetro sería de unos 10cm. El error probable debido a la colocación de las agujas y a la lectura de la cinta puede ser de 2cm por kilómetro, estos errores no pueden eliminarse, pero su efecto sobre el error total resultante es de poca importancia.

# Teoría de probabilidades de error

a) **El valor más probable:** El valor más probable es un valor calculado, como el que tiene más probabilidades que ningún otro de representar el verdadero valor de la cantidad, el cual se obtiene a través de la siguiente expresión matemática:

$$X = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}{n}$$

c) **El error aparente (residual):** es la diferencia entre el valor más probable (X) y la medición efectuada. Se calcula a través de la siguiente expresión:

$$Vi = li - X$$

e) **Error medio cuadrático del valor más probable:**

$$Emcp = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n(n-1)}}$$

g) **Error relativo:**

$$E_r = \frac{1}{P} \quad ; \quad E_r = \frac{1}{\frac{X}{E_{mcp}}}$$

b) **El error verdadero:** Es la diferencia entre la medida de una cantidad y su valor verdadero. Sin embargo, su valor exacto es imposible de determinar, puesto que para hacerlo se tendría que realizar infinitas mediciones a través de la siguiente ecuación:

$$E = X - li$$

d) **Error medio cuadrático de las mediciones:**

$$Emc = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n-1}}$$

f) **Error Probable:**

$$Ep = X \pm Emcp$$

h) **Comparación con su tolerancia.**

**Tolerancia:** Es el error máximo permitido al efectuar mediciones.

## TOLERANCIAS

Terreno plano 1/3000

Terreno accidentado 1/1000

## ***Consideraciones***

Todo tipo de medición estará propensa a ser afectada por errores de distinto índole, por esto se debe realizar una serie de pasos para mitigar los errores y estos no afecten sustancialmente la medición.

La topografía y la geodesia son ciencias encargadas de la medición cuantitativa y cualitativa de la tierra, siendo su diferencia las medidas del tipo de extensión del terreno, debido a esto se considera que la topografía es una ciencia que interviene directamente en gran parte de las demás ciencias, por esta razón es necesario prestar especial atención y aplicar los procedimientos adecuados para medición y cálculo de dimensiones, angulares, lineales y magnitudes en general.

Una magnitud puede ser afectada considerablemente por varios factores que provienen del hombre, de la naturaleza misma y de los materiales con los que se construyó las herramientas de medición.

Existen límites máximos y mínimos que determinan las bases y los requerimientos para la medición de magnitudes para proyectos científicos y de ingeniería.

# DEFINICIONES y CONCEPTOS

## TOPOGRAFIA,

Disciplina que comprende todos los métodos para medir, procesar y difundir información sobre la tierra y nuestro medioambiente.

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio.

Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (sistema métrico decimal) y para direcciones se emplean unidades de arco (grado sexagesimal).

La teoría de la topografía se basa esencialmente en la Geometría Plana y Del Espacio, Trigonometría y Matemáticas en general. Hay que tomar en cuenta las cualidades personales como la iniciativa, habilidad para manejar los aparatos, habilidad para tratar a las personas, confianza en sí mismo y buen criterio general.

## ***Definiciones y Conceptos***

**GEODESIA**, se puede definir como la ciencia que tiene por objeto el estudio de la forma y dimensiones de la tierra y para conseguirlo se eligen puntos de la superficie distribuidos por toda ella, llamados geodésicos, de cuya posición se deduce la forma de un país o de todo el globo terráqueo.

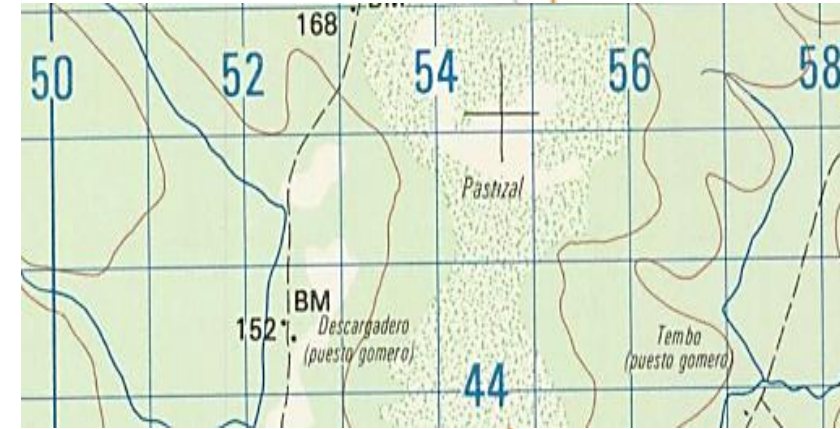
**Distancia:** Es la separación que existe entre dos puntos sobre la superficie terrestre. En la topografía, distancia entre dos puntos se entiende que es la distancia horizontal aunque en frecuencia se miden inclinadas y se reducen a su equivalente en su proyección horizontal antes de usarse, por medio de datos auxiliares como lo son la pendiente o los ángulos verticales.

La distancia puede medirse directamente aplicando una unidad de longitud patrón. En topografía idealmente la unidad de medida es el metro, aunque se utiliza la vara, el pie, la yarda, la legua y cualquier otra unidad de medidas.



## Definiciones y Conceptos

**Punto BM o BN:** (BM) Banco de Marca (Bench mark) o banco de nivel (BN), se utiliza para levantar o medir un terreno altimétricamente, diferencias de nivel vertical. El BM o BN está referenciado geodésicamente y esta fijo sobre el terreno y/o definido en el Centro Nacional de Geografía del lugar. Con los BM o BN el topógrafo puede transportar el nivel de un punto o marca, hasta el punto que requiera en su lugar de trabajo o estudio.



**Levantamiento:** Es un conjunto de operaciones que determinan las posiciones de puntos, la mayoría calculan superficies y volúmenes y la representación de medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos entonces son topográficos.

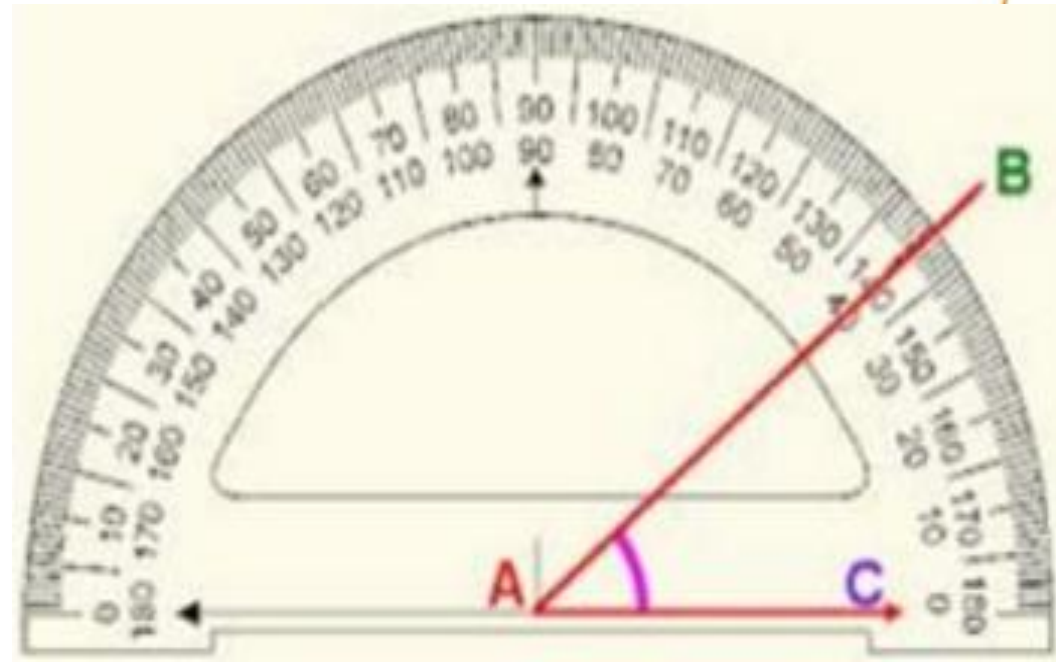
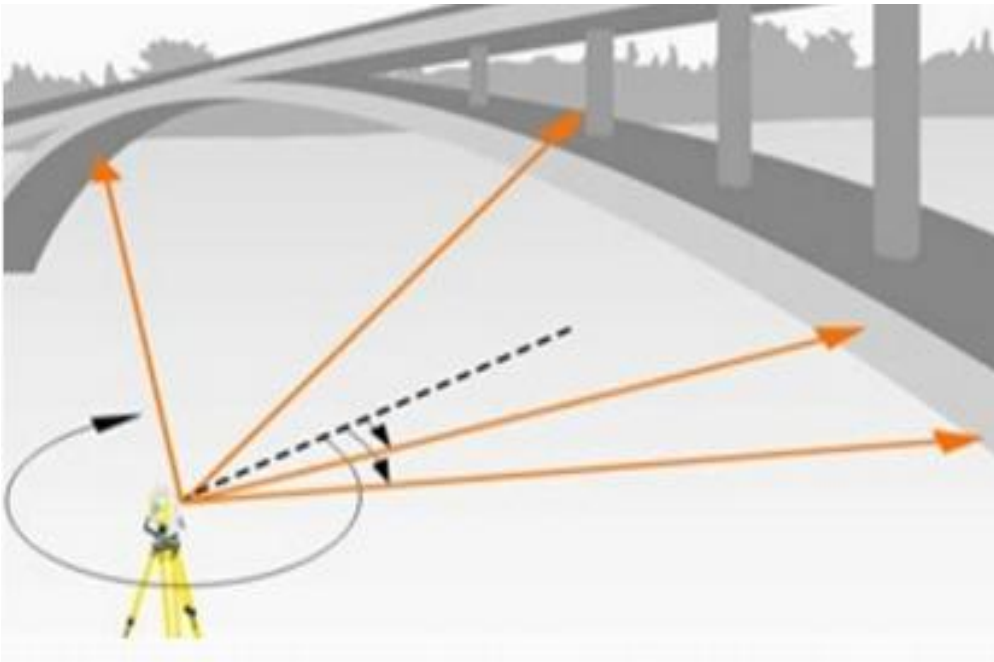
Los levantamientos topográficos tienen por objeto tomar suficientes datos de campo para confeccionar planos y mapas en el que figura el relieve y la localización de puntos o detalles naturales o artificiales.

# Mediciones empleadas en topografía

a) Mediciones directas:

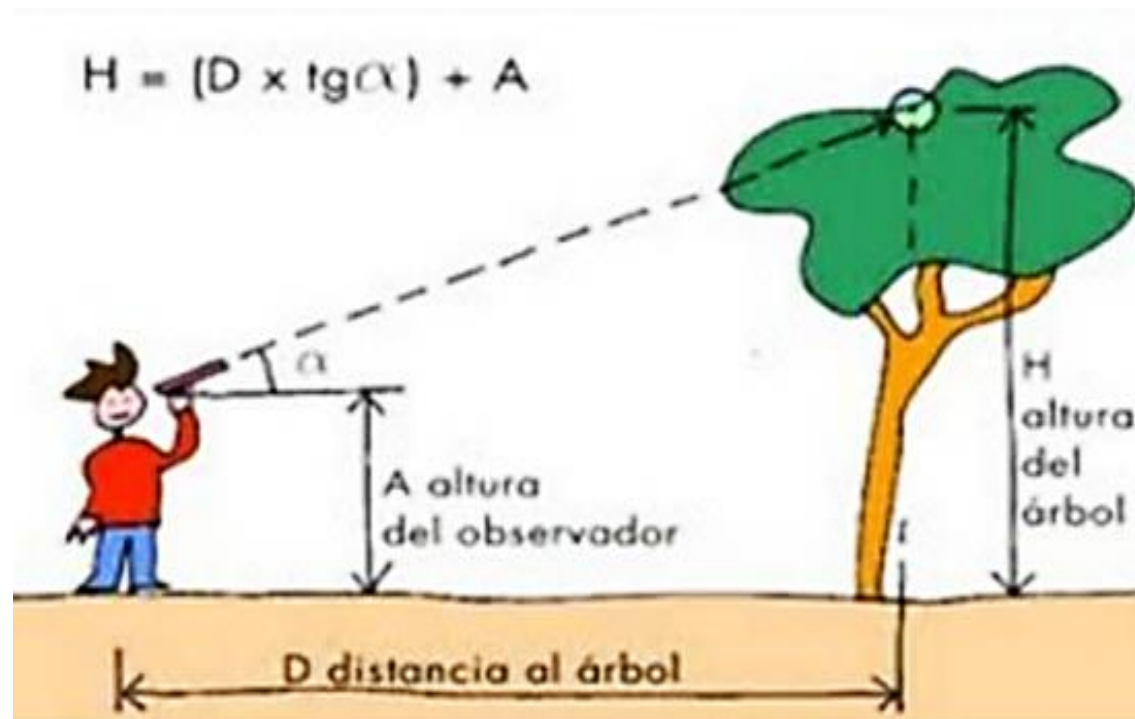
b) Mediciones indirectas:

**Mediciones directas:** Exige recorrerla y adaptar sobre ella la unidad de medida a utilizar; ejemplos: la aplicación de cinta a una línea, medir un ángulo con transportador y determinar un ángulo con un instrumento de estación total.



## Mediciones empleadas en topografía

**Mediciones indirectas:** Cuando el instrumento de medida no es posible de aplicarlo directamente, por lo tanto se determina la distancia mediante una relación con un patrón, para esto se emplea los conocimientos de geometría y trigonometría.



## ***Importancia de la topografía***

La Topografía tiene un campo de aplicación extenso, lo que la hace sumamente necesaria. Sin su conocimiento no podría el ingeniero por sí solo proyectar obras de ingeniería.

Sin un buen plano, no podría proyectar debidamente un sistema de riego o trazar un fraccionamiento de tierras cultivadas, sin el levantamiento de secciones transversales no le sería posible proyectar presas, puentes, canales, caminos y otras vías de comunicación, etc. Tampoco podría señalar una pendiente determinada como se requiere en la ejecución de obras de conservación de suelos. La selección de áreas por medio de la interpretación de curvas de nivel, ubicación y localización de parcelas para análisis medioambientales, inventario forestal, etc.

Entre las obras de ingenierías Medioambientales, Agronómicas, Forestales y/o Biológicas que requieren de un levantamiento topográfico previo tenemos: Obras de Riego, Conservación de Suelos, Determinación de Volúmenes, Construcción de Vías, etc.



## Partes en que se divide la topografía

La Topografía se divide en dos grandes partes que son:  
Planimetría y Altimetría.

**La Planimetría:** estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una figura similar al mismo. Entre los trabajos que realiza la planimetría tenemos: cálculo de superficie, división de terrenos en parcelas, replanteo de líneas viejas o destruidas, construcción de planos de terrenos, etc.

**La Altimetría:** tiene en cuenta la diferencia de nivel existente entre los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia, generalmente corresponde al nivel medio del mar.

